关于广电网络化改造中时间基准的研究

摘　要：在未来的发展，广播电视业务转向基于 IP 架构中，网络优化和建设仍旧是摆在广播电台面前的一大挑战。文章将主要针对广播电台中心的播控系统，对其网络化改造中时钟系统建设所需用到的技术与需注意的问题进行分析。

关键词：广电业务；网络化；IEEE1588；时钟
中图分类号：TN943　　文献标识码：A
文章编号：1671-0134（2018）10-057-02　　DOI：10.19483/j.cnki.11-4653/n.2018.10.018

文 / 张谦

随着技术的革新，受众的转变，传统媒体与现代互联网技术的融合已经是无可争议的要求。传统媒体的内容与新媒体的技术进行有效的结合，可以实现资源通融、传播互融、利益共融。通过研究网络技术的发展脉络，就会发现在现代互联网中一直都是以技术为引领，所以以技术为引领也是我们广电发展的必然之路。而在专业广播电视转向基于 IP 架构的过程中，始终存在一个主要的障碍，就是网络控制。本质上讲，IP 网络缺乏真实的实时广播环境所需要的预测性和服务质量（QoS）。网络阻塞、带宽管理、网络配置以及新设备加入或旧设备移除导致的网络节点的动态变化的识别和计算，以及新技术带来的故障排除时效性问题等等都会让现有的广播工作变得更加复杂。为了实现这个目标，我们除了要规定好传输信号的规范以外，信号 / 设备的时间基准是另一个大问题。

1. 时间基准技术介绍

随着 AES67 标准的提出，信号传输的规范已经有了基本协议。现在的各种 AOIP 方案都是以 AES67 为基础来实现互联互通。但是不管是 RANVENA、Dante 还是 LiveWire+ 都是把实时的音视频转换成 IP 数据流，而为了适应互联网分组打包传输的理念，整个系统需要一个统一的基准时钟。因为时间的偏差会导致 IP 网络中的数据成包和数据交换产生错误并最终导致丢包错序。尽管使用 IGMP 等网络协议可以保证数据接收和发送的优先性，但是随着错误的累加，会造成数据交换的延时，当该延时超过 512 个采样值后，对端解码出来的的实时音视频就会中断，这对广电的实时业务要求是致命的。

所以在 IP 环境下，我们同样需要为广播应用提供一个等同于原先传统同步机制的时间基准。为了在以 IP 为基础的分组传送网络中承载实时的视音频数据流，业界先后提出了几种分组时钟技术用于网络同步。分别有：TOP（TimingoverPacket）、以太网物理层同步、IEEE1588V1/IEEE1588V2、NTP（Network Time Protocol）。

TOP（TimingoverPacket）技术就是通过算法和封装格式将本地时钟信息放入数据包（packet）中发送，在接收端从包中恢复时钟，尽量避免网络传送过程中带来的损失。使用 TOP 技术可以实现全网的同步。优点是：支持网络透传，不要求中间设备支持 TOP，运用灵活，实现技术成熟。缺点是：时钟的质量依赖于网络的质量，受网络延时抖动、丢包、错序的影响非常大；没有标准化协议，不能支持时间同步。

以太网物理层同步就是彻底改造异步网络，是网络的每一个节点都实现同步。采用了类似 SDH 的方式，直接利用以太网物理层面的提醒，从串行数据码流恢复时钟，与 TOP 技术利用数据包进行同步不同，与业务中数据无关。采用专用的数据包实现时钟信息的传递。优点是时钟同步质量优良，接近于 SDH 网络；不受网络影响；目前 SDH 网络方案比较成熟。缺点是：不是所有的以太接口都可以恢复时钟；需要全网部署。

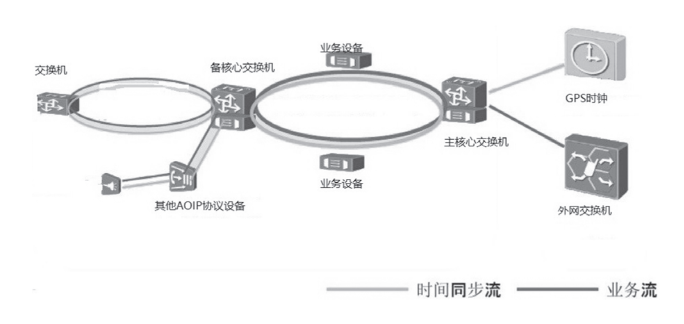
IEEE1588 是网络测量和控制系统的精密时钟同步协议标准，采用 PTP(精确时钟同步) 协议，精度可以达到微秒级。IEEE1588 是采用了时戳技术来保证达到这么高的精度，时戳（TS-Time stamp）是用于标记传输数据包的时间。当使用以太网报文传送 PTP 消息时，1588V2 协议将时间戳的点插入到以太网帧的前导码后面的第一个比特位中，位于网络层数据包之前。将时戳处理下到了数据链路层以下，利用硬件来记录报文到达和离开的时间，极大提高了时戳的精确性 [1]。IEEE1588 标准于 2002 年底由 IEEE 标准委员会支持并通过，并与 2007 年完成 V2 的修订。优点是：时间和频率同步；同步精度高；是业界统一的标准。缺点是：不支持非对称网络；需要软硬件升级。

NTP（Network Time Protocol，网络时间协议）用来在分布式服务器和客户端之间进行时间同步，是由 RFC

1305 定义的时间同步协议。NTP 基于 UDP 报文进行传输，使用的 UDP 端口号为 123。NTP 技术与 IEEE1588 类似，IEEE1588 的时间戳处理在数据链路层，NTP 的时间戳处理在网络层，由于从网络层到链路层封装和链路层到网络层解包的不确定延时，会导致 NTP 的误差达到十几个毫秒，严重影响时间恢复的精度。

2. 关键技术分析

虽然整个 AOIP 网络可以建设成为比较简单的局域网，但是考虑到随着技术的发展，未来应用到广域网的需要，我台在项目建设中选用了 IEEE1588V2 作为我们整个 AOIP 网络的统一基准时钟技术。网络示意图如下：



在 IEEE1588 协议中有一个很重要的技术是 BMC(Best Master Clock) 算法。该算法能够保证在时钟网络中每个设备都可以作为主时钟，大大提高了时钟网络的稳定性和安全性。BMC（Best Master Clock）算法由数据集比较算法和状态决策算法 2 个部分组成。其中的状态决策算法是采用数据集比较算法来界定本地时钟的端口状态，因此状态决策算法实际上是进行多次数据集比较算法的合集 [2]。具体到 IEEE1588 协议中，数据集比较算法比较的信息是自身的时钟信息和主时钟的时钟信息。具体是按照以下 3 个步骤来进行。

（1）对参与比较的 2 个主时钟的 UUID 域进行比较，如果两者的主时钟是同一个，则转到第 2 步，若不是同一个，则通过比较主时钟的时钟特性来决定使用哪一个作为主时钟。

（2）若参与比较的主时钟是同一系统或地位等效，则对本地时钟到主时钟的路径长短进行比较。路径长度最短的时钟决定使用为主时钟。

（3）若以上第 2 个步骤比较结果也相同，则对比对的两个时钟的接收端口号进行比较，选择其中端口号小的选为主时钟。若接收端口号仍相同，则比较时钟的 sequence 的 ID 值，值大的则选择为主时钟 [3]。

3. 网络化改造注意问题

按照 n=c/v，其中真空中光速为 c=299，792，458 米 / 秒，n 代表光纤折射率，一般采用安捷伦 OTDR 测试仪中给出的推荐值 1.458，那么：v=c/n=299，792，458/1.458=205618969m/s；计算 1 米光纤的延时：1/v=4.86e−9s/m=4.86ns/m。也就是说 1 米光纤的传输延时约 5ns，根据 1588V2 时间同步计算公式，大概由 400 米的光纤不对称就会引入 1us 的时间同步误差，1 米的不对称将引入 2.5ns 的时间同步误差。IEEE1588 协议对光纤的非对称性要求很高，所以我台在部署 AOIP 网络时分别采用以下两种措施来避免光纤的不对称：一是注意减少光纤的使用量；二是每个通路都采用两根光纤，一根负责上行，一根负责下行。在实际使用中 AOIP 信号的延时基本在 0.1us 以下，对数据的传输没有造成影响。

为了能够在提供稳定的 IEEE1588 时钟的同时与 GPS 校时，我台选择了 sonifex 公司的 AVN-GMCS 系列产品，该系列产品自带 GPS 接收器、锁相环和专用车载时钟设备来保证在与 GPS 信号同步的同时产生精确、低抖动的时钟信号。能够提供 PTPv2 和 WordClock 两种格式的同步信号，即可以作为 AES67 的 PTP 主时钟，也可以兼容现有的设备。根据我台实际情况，我们选用了内置芯片级铯原子钟的型号，在 GPS 信号丢失的情况下，也可以保证最坏情况下每 11.5 天正负 1 秒的损耗。

结语

随着 SMPTE 2110 标准中把 IEEE1588V2 时钟列为的支持，更进一步证明了，IEEE1588 是一个广义的标准，是一个覆盖范围、应用领域极广的 PTP 标准。在我台部署使用该 PTP 标准系统，可以方便现有的音频网络与未来的视频网络对接，实现完美融合，为以后 IP 数据流在更广阔的网络中使用提供稳固的基础。媒

参考文献

[1]IEEE Std.1588−2002.IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems，2002.

[2] 林涛，张浩，孙鹤旭 . 基于精密时间协议的时钟同步技术 [J]. 计算机应用，2007（08）：1828−1830.

[3] 庾智兰，李智 . 精准时钟同步协议最佳主时钟算法 [J]. 电力自动化设备，2009（11）：74−77.

（作者单位：河南广播电视台）